



Equipamiento de laboratorios **Control de calidad en centrales frutícolas**

La fruta y hortaliza fresca son productos sumamente perecederos. El que conserven su calidad y su aspecto saludable durante el mayor tiempo posible es de importancia central para que conserven su valor. Un cuidadoso control de su estado durante la manipulación es ineludible.

Valero, C.; Ruiz Altisent, M.

labprofis5@iru.etsia.upm.es

Proveedores y clientes. Normativa vs. procedimientos internos

Las centrales hortofrutícolas —entiéndase cooperativas de envasado, almacenes, centros de distribución, incluso mercados mayoristas— son los intermediarios en el canal comercial de las frutas y hortalizas frescas. Son a la vez clientes de los productores, pero también proveedores de otros distribuidores y grandes superficies comerciales. En principio esta situación comer-

cial podría entenderse como privilegiada (apelando a la creencia general de que “el intermediario es el que hace más dinero”), pero la realidad en muchos casos es la contraria, especialmente cuando el agente que compra el producto a la central es una potente empresa de venta en grandes superficies.

Las centrales están sujetas a las necesidades de los productores, la normativa vigente aplicable y las especificaciones impuestas por los grandes vendedores. Con los agricultores en muchos casos les une un contrato de socios cooperativos, lo que les obliga a velar por intereses mutuos (manteni-

La higiene en la elaboración es básica para la obtención de un producto de calidad.

miento de rentas de productores, obligatoriedad de entrega de un porcentaje de la producción, métodos de producción supervisados, etc).

Por otro lado, la normativa aplicable a frutas y hortalizas sólo recoge, como sabemos, unas pocas características mínimas, todas ellas referentes al aspecto externo y a la ausencia de defectos. La popular pregunta que nos hacemos todos los consumidores de “por qué la fruta ya no sabe a nada” puede quedar contestada (que no justificada) en parte diciendo que “¡porque no lo exige la ley!”. Además antes se podía argüir otra razón exculpatoria: “no se controla el sabor porque no hay aparatos para medirlo”. Hoy en día, afortunadamente para el consumidor, se puede decir que existen métodos y equipos para medir todos los componentes más importantes de la calidad gustativa; ya no hay excusa para no hacerlo.

Cuadros 1, 2 y 3: Técnicas de medida de parámetros de calidad

Parámetro de calidad a medir	Equipos listos para usar	Equipos en desarrollo
Color y su distribución	ND Cartas estándar ND Colorímetro ∂ L ND Análisis de imagen VIS ∂ L	
Defectos externos	ND Estándares legales ND Análisis de imagen VIS/NIR ∂ L	ND Reflectancia VIS/NIR/UV ∂ L?
Trazas de fitosanitarios	D Análisis químico	ND Sensor óptico ∂ L?
Hongos	D Reflectancia UV/VIS ∂ L?	

Parámetro de calidad a medir	Equipos listos para usar	Equipos en desarrollo
Forma, peso y tamaño	ND Anillos calibrados, calibre ND Análisis imagen VIS/NIR ∂ L	
Firmeza	D Penetrómetro D Texturómetro ND Respuesta al impacto ∂ L? ND Durómetro deformación ∂ L?	ND Sensor láser ∂ L? ND Resonancia acústica ∂ L?
Crujientez	D Ensayo mecánico	ND Respuesta acústica ∂ L?
Helada, 'bitter pit' y otros daños. Pepitas		ND Rayos X ∂ L? ND Sensor RMN ∂ L? ND Res. acústica ∂ L?
Defectos texturales internos, harinosidad	D Ensayos sobre probetas	ND Impacto ∂ L? ND Ultrasonido, NIR, RMN ∂ L?

Parámetro de calidad a medir	Equipos listos para usar	Equipos en desarrollo
Color interno	D Pelada: colorímetro	ND Sin pelar: sensor VIS ∂ L
Residuos internos	D Análisis químico	ND NIR, RMN ∂ L?
Contenido en azúcares	D Refractómetro ND Sensor NIR ∂ L?	ND Sensor láser ∂ L?
Contenido en ácidos	D Valoración química	ND Sensor láser ∂ L? ND Sensor NIR ∂ L?
Aroma		ND Sensor de aroma
Almidón	D Análisis químico (yodo) D Análisis de imagen	ND Sensor RMN ∂ L?

(ND): No destructivo, (D): Destructivo, (∂ L): en uso en líneas de manipulación, (∂ L?): aplicable a línea de manipulación (en estudio).

El necesario contrapunto que incluya las características organolépticas del producto lo ponen por un lado los procedimientos internos que se van autoimponiendo las centrales para hacer frente a la demanda real del mercado, y por otro lado las estrictas normas fijadas por los gigantes de la alimentación. Es loable el trabajo que se está realizando en el seno de muchas asociaciones de productores y cooperativas, en colaboración con expertos y centros de investigación, para establecer una normativa interna y crear nuevos manuales de procedimientos orientados a elevar el nivel de calidad de sus productos. Los productores detectan cambios en los mercados e intentan

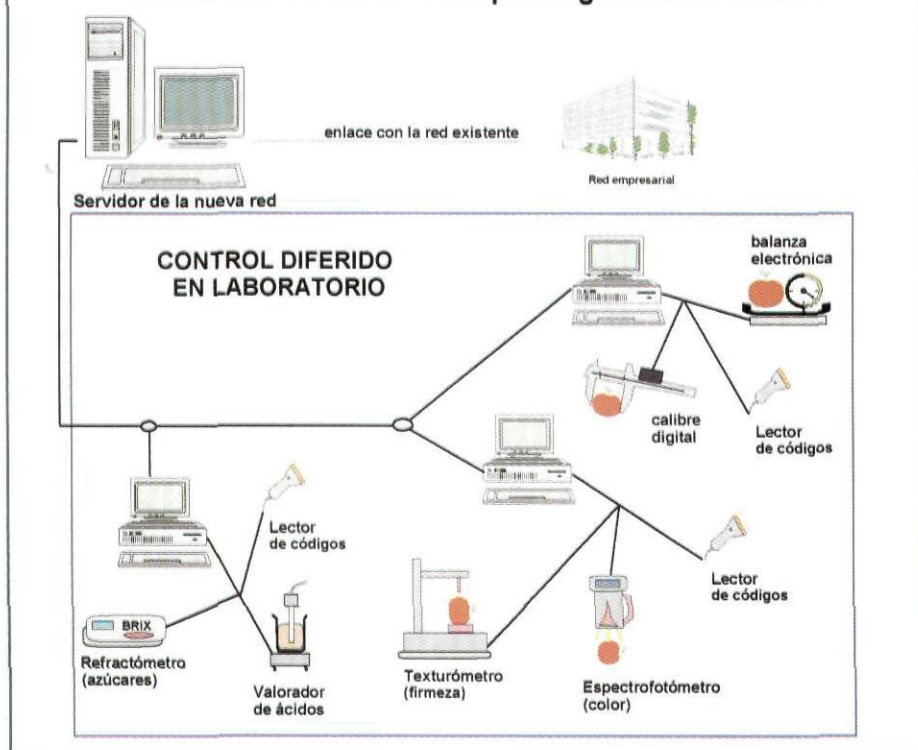
responder de la manera más rápida posible. Lo que ocurre es que en muchas ocasiones los requerimientos del mercado le vienen impuestos al productor/cooperativista de forma mucho más rápida y exigente desde sus clientes más potentes, las grandes superficies, en forma de normativa de obligado cumplimiento para la aceptación del producto. Existe una auténtica batalla entre grandes firmas para lanzar al mercado líneas de producto "de alta calidad" o "seleccionadas" o "más ecológicas" que se traducen en una detallada lista de especificaciones para cada especie vegetal y variedad, etc., definiendo el nivel mínimo de todos los parámetros de calidad, y en qué condi-

ciones ha de ser almacenado, confeccionado y entregado cada envío. El nivel de exigencia llega a tal punto que establece incluso cómo han de cultivar los agricultores, según dicten los manuales de buenas prácticas agrícolas que se elaboran a tal efecto.

Determinaciones en laboratorio vs. calidad en línea de confección

Para hacer frente a la evidente necesidad de controlar la calidad del producto, de medir de forma objetiva y sistemática para demostrar que se cumple cierta normativa, es posible optar entre dos soluciones que discurren por caminos divergentes: controlar el 100%

Instalación informática: esquema general de conexión



dos por otras dificultades “de raíz”. Un claro ejemplo son los sensores que necesitan establecer un contacto, aunque sea mínimo, con el producto. En este caso se generan problemas mecánicos derivados de la movilidad de parte o todo el sistema para acercarse/retirarse de cada fruto individual en el momento de la medida, lo cual puede hacer que el sensor de medida sea inviable por falta de rapidez.

La aplicación de sensores de control de calidad en líneas de manipulado está hoy día lejos de ser resuelta.

Esta solución teóricamente ideal presenta problemas de velocidad, de exactitud de las medidas y de resolución de problemas de sentido común, del cual las máquinas carecen

Cuadro 4:

Recomendaciones para la puesta en marcha: aplicación a las principales frutas y a sus parámetros más importantes

Tipo de fruta	1º Parámetro	2º parámetro	3º parámetro
Manzana	Firmeza / textura	Daños	Sabor (azúcar y ácidos)
Pera	Firmeza	Sabor	Daños
Melocotón	Firmeza	Sabor	Daños
Albaricoque	Firmeza	Azúcar	Color
Tomate	Color	Firmeza	Sabor
Melón	Azúcar	Color	-
Cítricos	Podredumbres / hongos	Manchas / daños	Sabor

del producto en la línea de producción o bien realizar muestreos de laboratorio. El control mediante sensores instalados en las líneas de manipulación es la solución ideal... si no fuera en gran medida utópica a día de hoy. Desde hace muchos años numerosos grupos de investigación vienen haciendo esfuerzos para desarrollar sensores capaces de controlar diversos aspectos del producto, desde los más evidentes y necesarios (peso/calibre, daños externos) hasta la calidad interna organoléptica (sabor, textura, color). Sin embargo, a pesar de los importantes avan-

ces conseguidos (p.ej. uso de cámaras y análisis de imagen para controlar el calibre, color y daños) su aplicación real en las líneas se topa con problemas diversos:

- Velocidad. Para conseguir que un sensor llegue a procesar 10 frutos/s es necesario que el sistema sea capaz de adquirir datos muy rápido, procesarlos eficientemente y enviarlos al sistema de toma de decisiones para efectuar la clasificación inmediata. Todo esto conlleva problemas técnicos que la electrónica y la informática han de resolver, pero además pueden venir condiciona-

- Exactitud y reproducibilidad. Pongamos un ejemplo real: en muchas centrales se están usando cada vez más los calibradores electrónicos mediante cámaras de vídeo, capaces de trabajar a altas velocidades. Aunque en teoría tienen una buena resolución ($\pm 1\text{mm}$ de \varnothing), algunos de ellos en la práctica cometen errores clasificando hasta un 10% de fruta en categorías superiores o inferiores, lo que puede invalidar la partida entera. Estos equipos han supuesto una revolución en las centrales porque facilitan en gran medida la compleja confección de pedidos para los distintos clientes, gracias a su versatilidad en la combinación de diferentes criterios de clasificación y su facilidad de manejo por ordenador, pero han de ser optimizados en ciertos casos.

- Capacidad de medida. Revisando la tecnología disponible hoy en día, no es posible controlar más que unos pocos parámetros de calidad en línea. O dicho de otro modo, no han sido desarrollados todavía suficientes sensores no destructivos que puedan medir/controlar muchos parámetros/caracteres de calidad, y sean a la vez rápidos

Cuadro 5: Sistema 1. Inspección semi-instrumentada

Características generales: Rápido, con equipos portátiles de medida, bajo coste				
Equipamiento:	Equipo de medida	Parámetro a controlar	Modo de uso / protocolo / ensayo	Precio aprox (Pta)
	Calibre digital	Calibre	Medida directa de Ø	50.000
	Cartas impresas	Color	Comparación	10.000
	Penetrómetro	Firmeza	Magness-Taylor manual	25.000
	Durómetro digital		Deformación no-destructiva	400.000
	Patrones impresos	Defectos	Comparación	10.000
	Refractómetro digital	Azúcares	Con una gota de zumo	400.000
	Lector código de barras	Identificación partidas	Codificación de un nº de serie	200.000
	Otros comentarios: La medición del color, de los defectos o de los ácidos no es factible para un control de "tipo rápido", por no existir equipos portátiles y/o de bajo coste para ello.			

- "Inteligencia". Es realmente difícil entender todas las asociaciones mentales y razonamientos elementales de los que hace uso la inteligencia humana, y mucho más enseñárselos a una máquina. Al sistema automático se le pueden programar una serie limitada de pautas de razonamiento, pero no es capaz de inferir nuevas posibilidades excepcionales. El hecho de que un fruto tenga adherida una hoja no supone un defecto para una persona en la mesa de tría (que se dará cuenta y lo limpiará), pero sí que puede confundir a una cámara automática que lo entenderá como una lesión o decoloración anormal. Este problema se irá resolviendo según avance el desarrollo de la inteligencia artificial, pero por ahora es mucho más eficiente combinar las habilidades de hombres y máquinas.

Control en laboratorio y muestreo

Por todo ello se hace necesario en la mayoría de los casos el uso de equipos de medida en un laboratorio de control, a donde llegue una muestra extraída de la partida global, sobre la que se realicen las determinaciones de los parámetros de calidad. Obviamente estaremos suponiendo que la muestra es representativa del conjunto, y para asegurarnos de ello nos serviremos de la herramientas estadísticas necesarias para calcular el número de frutos mínimo de la muestra a medir para que la confianza de la extrapolación sea máxi-

ma. El tamaño de la muestra será grande si: a) el error que admitamos en la medida es pequeño, y b) si la magnitud a medir es muy variable. En notación estadística y como primera aproximación a la hora de calcular el número de frutos (n) que formarán parte de la muestra de laboratorio, extraídos del conjunto de frutos de una partida de gran tamaño ($N > 1000$), podemos usar la siguiente fórmula:

$$n \geq \frac{\left(S' t_{n-1}^{\frac{\alpha}{2}}\right)^2}{e^2}$$

donde S' es la desviación típica muestral medida en una partida similar, e el error máximo admitido en el ensayo de laboratorio, y t el valor sacado de tablas de la distribución de Student de características indicadas.

Niveles de equipamiento según presupuestos e implantación en fases

El nivel de desarrollo de las tecnologías condiciona en gran parte la inversión a realizar. Podemos clasificar las técnicas existentes en tres categorías:

- listas para su uso: disponibles para la industria a día de hoy
- en desarrollo: necesitan estudio de aplicación; simplificación


- altas tecnologías (caras y/o nuevas): requieren investigación en centros I+D

A modo de revisión, incluimos los cuadros 1, 2 y 3 (pag 48) en los que se contrastan los distintos parámetros de calidad que pueden ser medidos y los equipos para hacerlo, dividiendo a estos últimos en dos categorías (listos para usar / en desarrollo) También se indican mediante símbolos las tecnologías de medida que son destructivas y no destructivas, y las que pueden ser aplicables a línea o ya han sido de hecho.

Una vez visto qué se puede medir y con qué técnica, dos posibles soluciones a la hora de elegir finalmente el equipamiento de un laboratorio de control son las que referimos a modo de ejemplo en los cuadros 5 (control rápido y barato, pero limitado) y 6 (control en laboratorio avanzado, más caro),

Se hace necesario el uso de equipos de medida en un laboratorio de control, a donde llegue una muestra extraída de la partida global. La muestra es representativa del conjunto, y para asegurarnos de ello nos serviremos de herramientas estadísticas.

Cuadro 6: Sistema 2. Control exhaustivo en laboratorio

Características generales: preciso, con equipos avanzados de medida, versátil, potente, más caro.				
Equipamiento:	Equipo de medida	Parámetro a controlar	Modo de uso / protocolo / ensayo	Precio aprox (Pta)
	Calibre digital	Calibre	Medida directa de Ø	70.000
	Espectrofotómetro portátil	Color	Medida coordenadas de color Lab	2.200.000
	Texturómetro de sobremesa	Firmeza	Magness-Taylor automático, compresión, punción, etc.	2.900.000
	Cámara digital	Defectos	Reconocimiento por análisis imagen	2.000.000
	Valorador automático	Ácidos	Titulación sobre zumo	500.000
	Refractómetro digital	Azúcares	Con una gota de zumo	500.000
	Lector código de barras	Identificación partidas	Codificación de un nº de serie	200.000
	Ordenador	Gestión de datos	Almacenamiento y automatización	300.000
	Otros comentarios: Para facilitar su manejo, todos los equipos estarán conectados a ordenador, desde el que serán controlados y servirán para la grabación de los datos.			

esquemáticos en sendas figuras interiores (2 y 3). La instalación de un sistema de control de calidad como los propuestos podría hacerse de una forma modular, gradualmente en el tiempo. Por ejemplo, la inversión inicial podría dedicarse a instalar un equipamiento similar al del sistema 1 como primera aproximación, y después de un tiempo de prueba y ajuste del sistema, pasar a la instalación del sistema 2 con su laboratorio. Otra posibilidad es instalar todo el sistema completo (1+2) pero particularizado para ciertas frutas y sus parámetros de calidad más significativos.

De esta forma la inversión inicial será menor (al estar dimensionada para menos volumen), los equipos adquiridos se emplearán de forma más eficiente (para las frutas y parámetros de mayor repercusión en las ventas) y el gasto de tiempo durante el control de calidad será menor. Por ejemplo, en el Cuadro 4 (pág. 50) se enumeran algunas frutas y los tres parámetros de calidad que pueden ser más importantes para su control.

Además, con el tiempo la estrategia de muestreo deberá ir cambiando, "bonificando" a los mejores proveedores con menos controles, con lo que se reducirán costes a la larga, pero sin dejar de supervisar la calidad de los proveedores y la vida comercial del producto.

Gestión y almacenamiento de la información.

Evaluación final de la calidad

En cualquier empresa actual es necesario el uso de ordenadores. En este caso son imprescindibles para automatizar procesos y agilizar el uso de equipos de medida mediante la conexión de todos los equipos a ellos, evitar errores humanos, o ayudar a prevenirlos, ges-

La instalación de un sistema de control de calidad puede hacerse gradualmente, comenzando por inspecciones semi-instrumentadas, para pasar luego a sistemas de control de laboratorio más exhaustivos

tionar la información generada, almacenarla en bases de datos específicas, comparar la información con estándares legales y requerimientos de clientes.

Para diseñar la instalación informática necesaria en un centro de control de calidad Figura página 50 habrá que definir todos sus aspectos: el "hardware" (ordenadores: número, ar-

quitectura, capacidad de control de instrumentos; red: topología de red, protocolos de envío de datos, equipos de conexión, velocidad de la red, integración con la existente) así como el "software" (programas de control de equipos de medida y adquisición de datos: facilidad de uso del instrumento, capacidad de intercambio de datos; programas de gestión de bases de datos: manejo de gran volumen de información en tiempo real).

Las buenas prácticas de laboratorio

Si queremos que nuestro control de calidad de frutas y hortalizas sea realmente efectivo, no basta con adquirir los equipos de medida y saber cómo funcionan: hay que meditar la manera en que vamos a hacer uso de ellos de forma que obtengamos los resultados requeridos. Es decir, habrá que redactar unas normas de funcionamiento que hagan que el laboratorio sea "útil" realmente. En terminología de gestión empresarial, a estas normas se las conoce como "buenas prácticas de laboratorio" (BPL) o su traducción inglesa "good laboratory practices" (GLP).

Las BPL no son algo nuevo. Desde los años 60 la Oficina Federal de Alimentación y Medicamentos (FDA) norteamericana viene redactando recomendaciones para laboratorios e industrias, y la OCDE europea creó en 1978



Arriba, centro de control de calidad;
a la derecha, el resultado final:
producto seleccionado y envasado
en el punto de venta.



un grupo de expertos que publicaron en el 81 la primera edición de las BPL. En ella se definen las buenas prácticas de laboratorio como "aquel conjunto de reglas que se refieren al modo de organización y las condiciones de trabajo bajo las que se planifican, efectúan, controlan, registran y difunden los ensayos de laboratorio". Análogamente a los manuales de calidad y procedimientos necesarios para conseguir las certificaciones oficiales de calidad, los manuales de BPL contienen diversos capítulos en los que se recogen todo tipo de aspectos:

1. organización y personal de las instalaciones de ensayo.
2. programa para el aseguramiento de la calidad.
3. instalación.
4. equipos, materiales y reactivos.
5. sistema de ensayo.
6. material objeto de ensayo y material de referencia.
7. modos operativos normalizados.
8. realización del estudio.
9. informe sobre los resultados del estudio
10. almacenamiento y conservación de archivos y materiales.

Simplificando: hay que recoger en un manual los procedimientos necesarios para que el personal del laboratorio,

los materiales y las técnicas funcionen de forma lógica y sistemática. La aplicación de las BPL debe permitir responder a la cuestión siguiente: "¿dónde, cuándo, cómo y bajo la supervisión de quién se generan y almacenan los datos del laboratorio?" Esta es la clave de las BPL, que podemos desglosar en dos:

- Finalidad de las BPL: constituyen una referencia de las "condiciones de realización" de los análisis y de la obtención de resultados. El objetivo es conseguir la máxima información posible.

- Resultados del análisis: el resultado de laboratorio aislado no representa

La trazabilidad en los procesos, exigida por el mercado actual, necesita de métodos de trabajo rigurosos para hacer realidad los dos pilares de su funcionamiento: la documentación del proceso y el archivo de resultados

nada. Además de almacenarlo y transmitirlo a otros departamentos, debemos ser capaces de unirlo al resto de la información del proceso productivo

La adopción de un código de BPL tiene un doble interés en un centro de control de calidad. Por un lado, en muchas empresas hay una carencia de métodos de trabajo rigurosos, protocolos y relaciones de responsabilidad entre personas. La trazabilidad en los procesos, exigida por el mercado actual, necesita de todo ello para hacer realidad los dos pilares de su funcionamiento: la documentación del proceso y el archivo de resultados.

Por otro lado, las BPL son otra herramienta más para conseguir la certificación que tantas empresas persiguen actualmente (o mejorar la que ya tienen) para captar la confianza de sus clientes y para planificar su proceso productivo más racionalmente. En el caso de un laboratorio acreditado, la garantía de fiabilidad de sus resultados analíticos queda asegurada gracias al uso de las buenas prácticas de laboratorio.